

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
平成26年度実装活動報告書

研究開発成果実装支援プログラム
「 手指麻痺者の日常生活支援のためのパワーグローブの
社会実装 」

採択年度 平成25年度
諸麥俊司 (中央大学、准教授)

1. 概要

本実装活動の最終目標は、開発したパワーグローブの実用化に要する課題を克服し、プログラム終了後に実用化と普及を実現することである。本パワーグローブは手指麻痺者に自在な把持機能を提供できることが確認されており、彼らの日常生活の自立性向上および就労機会の拡大に寄与すると期待できる。このパワーグローブの普及のためには、実装責任者は厚生労働省から補装具としての認定を受けることが不可欠と考えており、本プログラムにおいては、補装具の申請に必要な工学的試験評価および臨床的試験評価を実施する。パワーグローブの機能性や安全性とともに、ADL改善効果を明らかにし、その結果をもって補装具完成用部品の登録申請を行う。また、パワーグローブによる手指麻痺者の就労支援についても検討し、さらには各種イベントへの出展やデモ等を通じてパワーグローブの認知度拡大を図る。以上のように、総合的な活動を通してパワーグローブの確実な実用化を目指す。

平成26年度は、計画の従い次の内容に取り組んだ。

- [1] 工学的試験評価に用いる試験用パワーグローブ8セットの製作
- [2] 工学的試験評価に用いる各種試験装置の製作
- [3] 各種工学的試験評価を実施
- [4] 頚髄損傷者による手作業従事シミュレーション用実験装置の製作
- [5] パワーグローブの認知度拡大に向けた活動

2. 実装活動の具体的内容

平成26年度に実施した実装活動の具体的内容について以下に述べる。

- [1] 工学的試験評価に用いる試験用パワーグローブ8セットの製作
 - ・昨年度製作した6セットに加え、今年度新たに2セット製作したため、当初の予定どおり8セットの試験用パワーグローブが完成した。利用者の利便性向上のために取り組んでいるケーブルの簡易着脱機能の追加については、27年度6月頃に完了の予定である。
- [2] 工学的試験評価に用いる各種試験装置の製作
 - ・工学的試験評価として、次の6種類の試験を可能とする試験装置および試験環境の整備を行った。
 - a. 指への圧力分布を測定する試験
 - 富士フィルム社製の圧力分布測定シートと解析装置を用いてパワーグローブ内部の圧力分布を測定可能な試験環境を構築した。
 - b. 駆動ユニットの牽引力測定試験
 - ロードセルを用いて駆動ユニットの出力を測定する試験装置を製作した。
 - c. 駆動ユニットの駆動速度試験
 - ロータリーエンコーダーを用いて駆動ユニットのロッド位置を測定し、異なる負荷における駆動速度を評価する試験を行った。
 - d. 駆動ユニット耐久テストのための内部温度計測
 - モータドライバの温度測定機能と別付けの温度センサを組み合わせて、コントローラ内部の温度上昇をモニタするための試験装置を製作した。
 - e. パワーグローブの指関節角度測定試験

3次元位置測定装置を用いてパワーグローブ利用時の指の各関節角度を測定可能とする実験環境を整備した。

f. パワーグローブの指先負荷力測定試験

小型ロードセルを用いて、パワーグローブ利用時の指先先端でのピンチ力を測定する試験装置を製作した。

[3] 各種工学的試験評価を実施

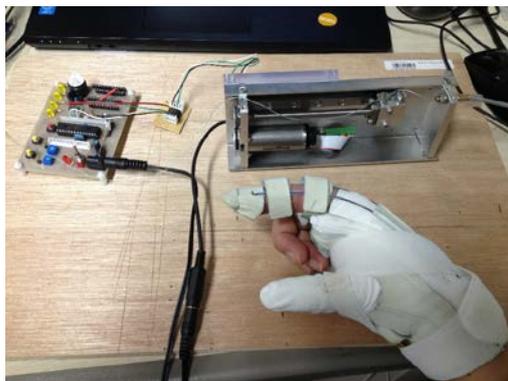
義肢に関連するJIS規格等を参考に下記試験項目を選択し、工学的試験評価を実施した。

a. 指への圧力分布を測定する試験

パワーグローブを利用することで利用者の手のどの部分に特に圧力が掛かるかを調べた。これにより過度な圧力を生ずる部位とその原因を特定することができ、結果に基づいてグローブを改良することで利用者にとってより快適で負担の少ないグローブの実現に繋がる。

測定には富士フィルム製の圧力分布測定用フィルム（プレスケール）と専用解析装置（FPD-9270）を用いた。本装置で得られる圧力値は指の屈伸運動1回の際に指表面に加わる時間的積分値であり、瞬間値とは異なる。しかし、圧力が集中する部分の特定には有効であると考えられるため、本装置を採用した。

実験の様子を示す写真を図1に示す。被験者の手にパワーグローブを着け、手指の屈曲と伸展を行った時の手に加わる圧力の分布を測定する。



(a) 実験の様子



(b) 指に巻かれた測定用フィルム

図1 グローブ内圧力分布測定試験

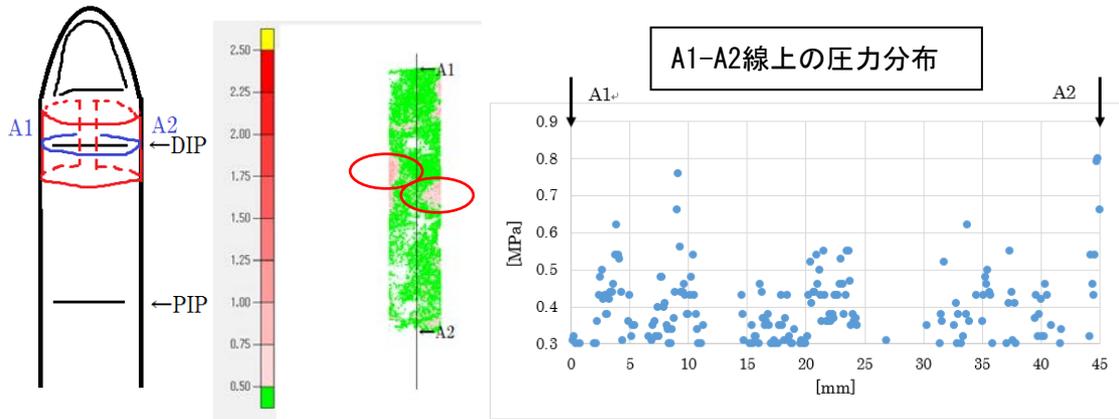
本パワーグローブは示指と中指の2指の運動を可能としているが、今回の試験では2指を代表して示指の測定を行うこととする。今回測定した箇所は次のとおりである。特に手に与える圧力が高いと予測される部位を選択した。

- ① 示指のDIP関節周囲
- ② 示指のPIP関節周囲
- ③ 示指のMP関節周囲

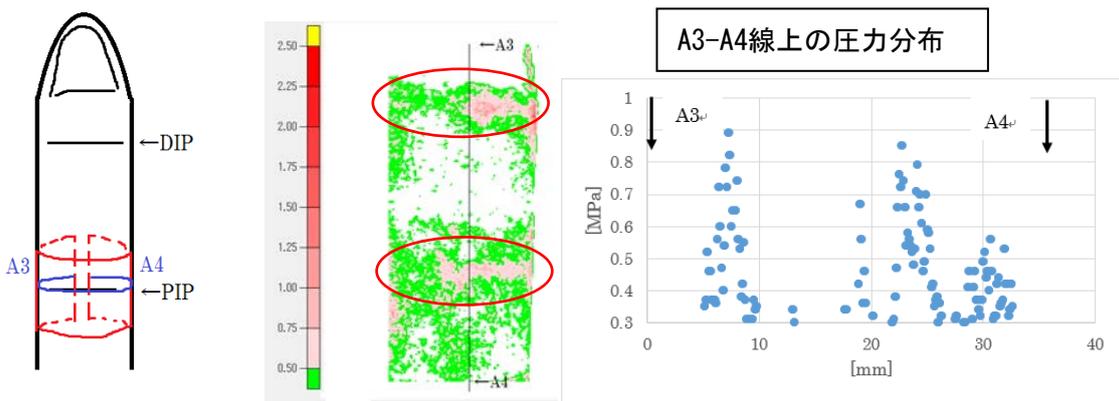
以下に測定結果について述べる。測定箇所①、②、③の結果を図2(a)、(b)、(c)にそれぞれ示す。図は左から順にシートの位置を示すスケッチ、シート上の圧力分布、代表線上の測定値のグラフで構成されている。測定箇所①、②、③のいずれにおいても2箇所で特に高い圧力が加わることが確認された。この結果を元にグローブを調べた結果、図3に示す

ように、指の伸展運動に用いている弾性材が、屈曲時において指に接触しているためであることが分かった。

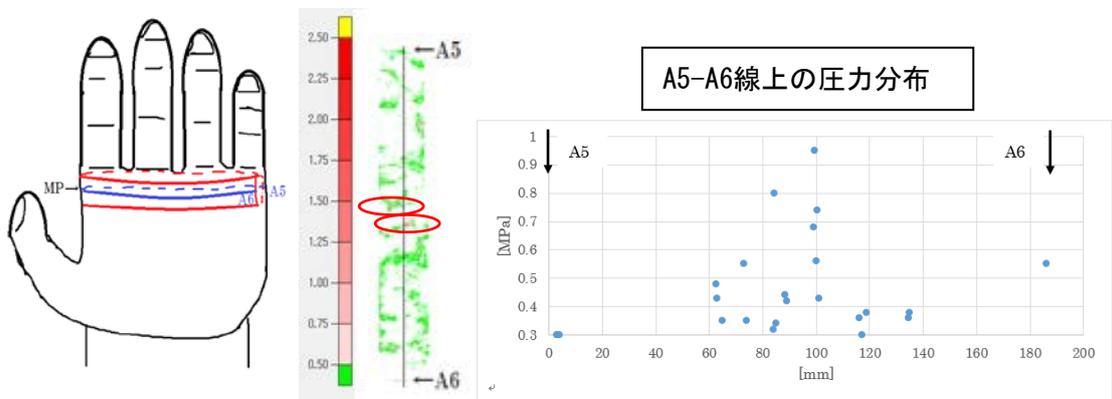
上記結果に基づき、弾性材の位置変更とグローブ弾性材間への緩衝材の挿入等を含めたグローブの改良を施した結果、指への圧力集中の大幅な軽減に成功した。



(a) DIP関節周囲（測定箇所①）



(b) PIP関節周囲（測定箇所②）



(c) MP関節周囲（測定箇所③）

図2 測定箇所①-③の結果

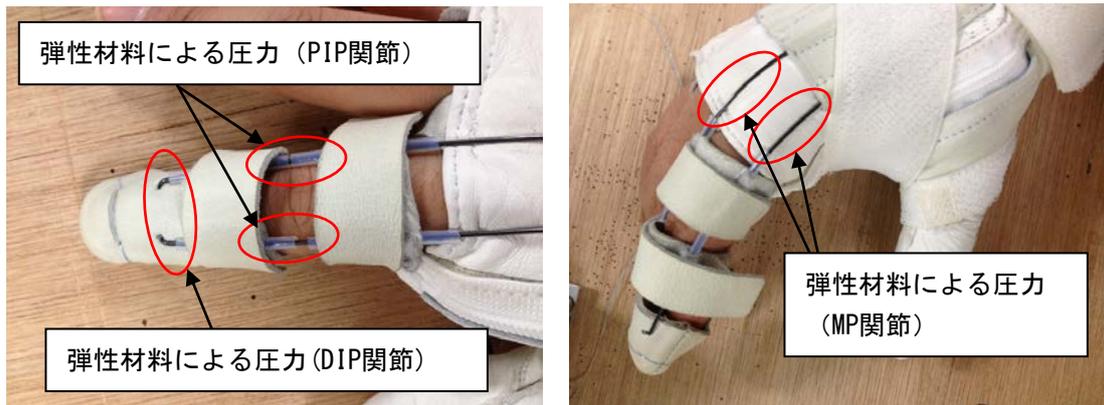


図3 弾性材による指への圧力集中

b. 駆動ユニットの牽引力測定試験

コントローラの牽引力を測定する実験を行った。実験装置は、コントローラとロードセル、ワイヤ、アンプ、実験用基板とPCで構成されている(図4)。コントローラの牽引機構とロードセルを金属製のワイヤで接続し、モータにワイヤを牽引させ、その際の牽引力を計測する。ロードセルは、測定部に加わる力に応じてアナログ電圧信号を出力する。その出力信号を所定の倍率へアンプで増幅してからAD変換し、PCに記録する。今回の実験ではワイヤ張力の測定に共和電業製のロードセル、LTZ-50KAを用いた。

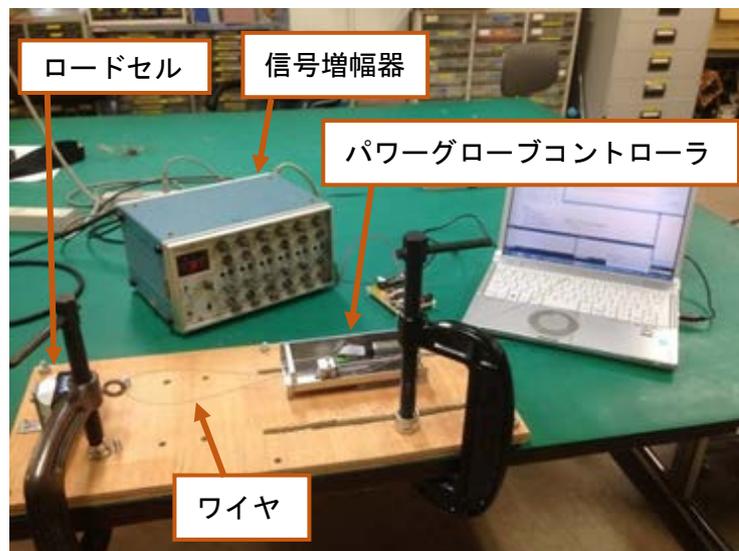


図4 牽引力測定試験

牽引力測定実験の結果を図5に示す。試験結果からコントローラの最大牽引力は166Nであることがわかった。本装置は設計要求で定めた100[N]を満たしていることが確認できた。

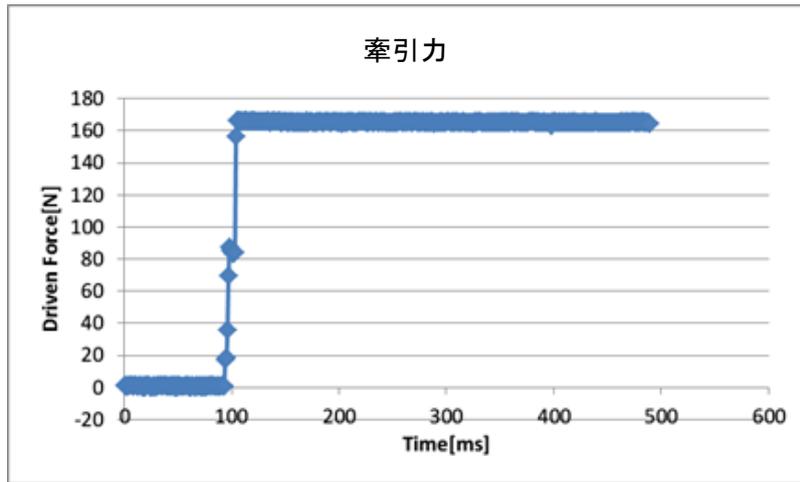


図5 牽引力測定試験の測定値

c. 駆動ユニットの駆動速度試験

次にコントローラの牽引速度を5段階の負荷力別にそれぞれ測定する実験を行った。本実験では、駆動ユニットのロッド位置をロータリーエンコーダーを用いて測定し、測定値を微分することで速度を求めた。本試験では駆動装置に25、50、75、100[N]の負荷を与え、それぞれの条件下での駆動速度を計測した。試験の様子を図6に、実験結果を図7に示す。負荷には錘を用いた。



図6 駆動速度試験

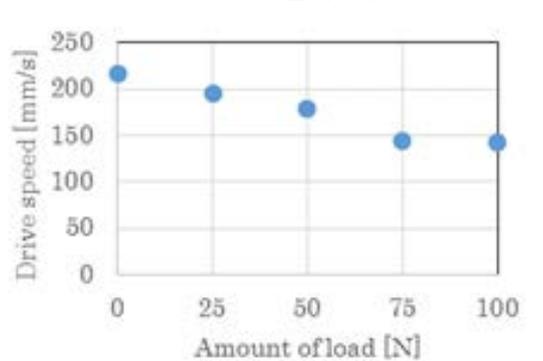


図7—異なる負荷における駆動速度の測定結果

測定結果より、無負荷時では、217[mm/s]で牽引できていることが確認された。負荷の増加に伴い牽引速度は低下するが、想定最大負荷である100[N]を与えた場合においても142[mm/s]で牽引できていることがわかった。これは設計時に定めた0.5[Hz]という指屈曲伸展運動の目標速度を満たすものであり、本コントローラが要求される駆動速度を実現していることが確認された。

d. 駆動ユニット耐久テストのための内部温度計測

コントローラを2秒間牽引、2秒間開放させる、つまり4秒に一回の牽引動作を、連続して1万回行う試験を実施した。テスト動作時にコントローラ内部でもっとも高い温度上昇が見られたモータドライバの温度を記録すると同時に、定期的により目視により故障の有無の確認を行った。図8に測定した温度のデータを示す。開始時に29度であった温度が1000回目付近まで上昇を続け、最大で39度を記録している。しかしその後は、室温の影響を受けて多少の変動はあるものの、39度以下に保たれていることが確認できた。この間、故障の発生も無かった。

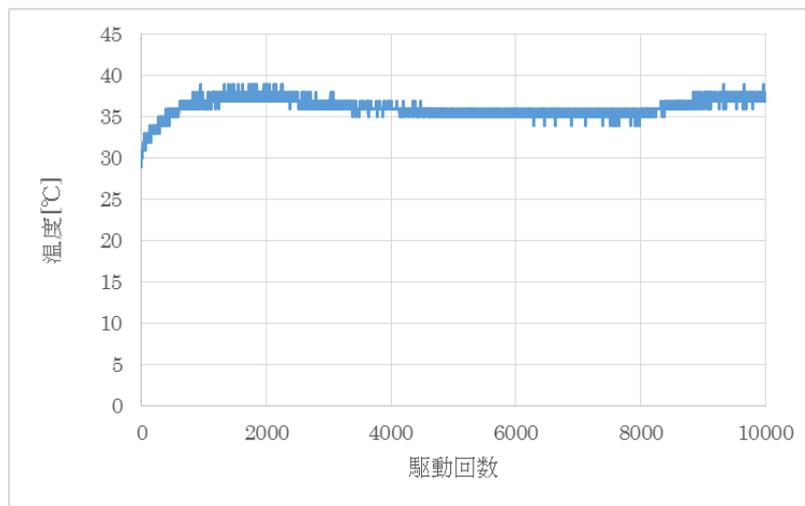


図9 10000回動作中のモータドライバの温度

e. パワーグローブの指関節角度測定試験

パワーグローブが所定の指屈曲機能を有するか確認するために最大指屈曲時の指曲げ角を測定した。本パワーグローブは示指と中指の2指の屈伸運動を実現するが、同程度に屈曲するため、今回は代表して示指の測定を行った。木製のマネキンにパワーグローブを装着し、屈曲動作時のMP関節、PIP関節、DIP関節の屈曲角をそれぞれ測定し、それらの合計を指曲げ角とした。図10と表1に示指の各関節の屈曲角の定義と測定結果を示す。

表1のとおり、本パワーグローブが提供する指先屈曲角は、健常者の91%程度であることがわかった。比較対象である健常者の指先屈曲角度は、3人の健常被験者の平均値である。指麻痺者の生活動作を支援する上で、十分な指運動稼動域が実現されていると考えられる。

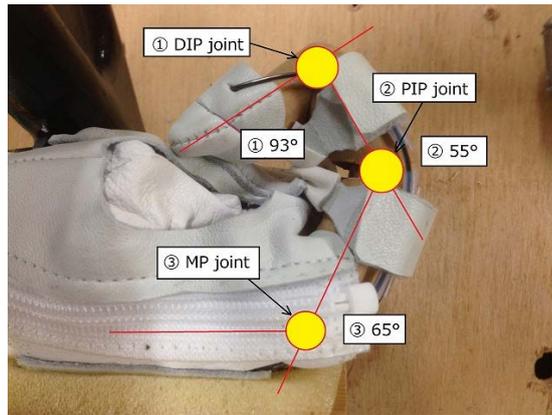


図10 指曲げ角測定時のパワーグローブ

表1 指曲げ角測定結果

	DIP関節 [°]	PIP関節 [°]	MP関節 [°]	指曲げ角[°]
パワーグローブで実現される指曲げ角(1)	93	55	65	213
健常者の指曲げ角(2)	68	100	67	235
(1)/(2)	1.36	0.55	0.97	0.91

f. パワーグローブの指先負荷力測定試験

本装置の設計要求として最大指先力は20Nと定められている。そこで本装置を用いて対象物把持動作を行う際に指先に生じる力を測定した。実験の様子を図11に示す。実験装置はロードセル、アンプ、コントローラ、実験用基板およびPCで構成されている。また、客観性を保つためにプラスチック製の手のマネキンに装具部を装着し、示指先端の末節をロードセルに対して垂直になるように装具部の位置を調整して固定した。また、対象物の大きさにより指先が対象物に触れる指先角度は異なることから、本実験では指の伸展状態に対し、0°、45°、90°(図12、図13、図14)の3つの指先角度での指先力を計測した。

測定結果を表2に示す。指先角度0度では41[N]、45度では55[N]、90度では61[N]の指先力が発揮されていることが確認できた。よって、設計要求である指先力20[N]を上回る指先力をすべての指曲げ角度において実現できていることが確認された。

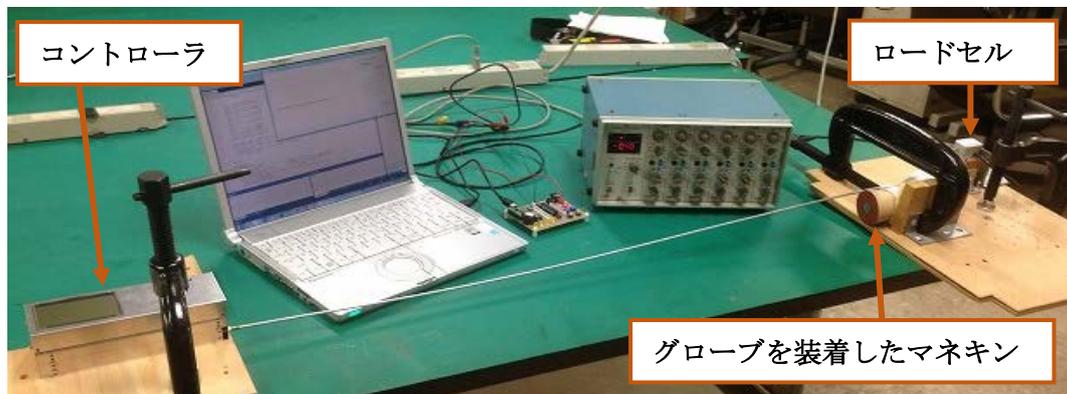


図11 指先力測定試験



図1 2 0度屈曲位



図1 3 45度屈曲位



図1 4 90度屈曲位

表2 指先力測定結果

指曲げ角度 [°]	最大指先力 [N]
0	41.0
45	55.0
90	61.0

[4] 頸髄損傷者による手作業従事シミュレーション用実験装置の製作

手指麻痺を負う頸髄損傷者がパワーグローブを利用し、握力を得ることによってどのような作業に従事可能かを検証するために、模擬作業場を製作してのシミュレーションを予定している。本年度は検品作業のラインの設計を行い、ベルトコンベアを含む模擬作業場の製作に当たった。検品の成否を自動判定するシステムが未完成であり、27年度5月に完成、6月には対象者による実験を開始する予定である。

[5] パワーグローブの認知度拡大に向けた活動

平成26年10月に第4回おおた研究・開発フェアに、また27年2月にはメディカルジャパン2015大阪内、アカデミックフォーラム2015においてブース展示、デモ、講演等を行い、積極的にパワーグローブの認知度向上に努めた。

3. 理解普及のための活動とその成果

(1) 展示会への出展等

年月日	名称	場所	概要	ステークホルダー	社会的インパクト
平成26年10月2日～3日	第4回おおた研究・開発フェア	大田区産業プラザPio	2日間に渡り、ブースを出展し、パワーグローブのデモと展示を行った。	産学連携による新技術に関心のある人	ブースには100名近い来場者があった。
平成27年2月4日～6日	メディカルジャパン2015大阪内、アカデミックフォーラム2015	インテックス大阪	3日間に渡り、ブースを出展し、パワーグローブのデモ及び展示を行った。6日には講演も行った。	医療従事者、製薬・医療機器など医療関連企業、患者、その他、医療技術に関心のある人	200名を超える来場者があった。

(2) 研修会、講習会、観察会、懇談会、シンポジウム等

年月日	名称	場所	概要	ステークホルダー	社会的インパクト
	なし				

(3) 新聞報道、TV放映、ラジオ報道、雑誌掲載等

- ①新聞報道 なし
- ②TV放映 なし
- ③ラジオ報道 なし
- ④雑誌掲載 なし

(4) 論文発表（国内誌 0 件、国際誌 0 件）

(5) WEBサイトによる情報公開

準備中。

(6) 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

①招待講演 (国内会議 0 件、国際会議 0 件)

②口頭講演 (国内会議 1 件、国際会議 1 件)

[国内会議]

大島幸太郎、三橋健史、有菌美藍、林裕樹、諸麥俊司、東登志夫、武岡敦之、石松隆和、石原正博、頸髄損傷者の日常生活支援を目的とするパワーグローブ、第32回日本ロボット学会学術講演会、RSJ2014AC1H3-03、2014.

[国際会議]

S. Kudo, K. Oshima, M. Arizono, Y. Hayashi, S. Moromugi, T. Higashi, A. Takeoka, M. Ishihara and T. Ishimatsu, "Electric-powered glove for CCI patients to extend their upper-extremity function," Proceedings of the 2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Chuo University, Tokyo, Japan, December 13-15, 2014.

③ポスター発表 (国内会議 0 件、国際会議 0 件)

(7) 特許出願

①国内出願 (0 件)

②海外出願 (0 件)

(8) その他特記事項

2014年12月に開催された国際会議, The 2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integrationにて発表した論文、" Electric-powered glove for CCI patients to extend their upper-extremity function"、がBest Paper Award Finalist に選ばれ表彰を受けた。